

# ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНА МОДЕРНІЗАЦІЯ КОТЕЛЬНІ ЯК ЕЛЕКТРОГЕНЕРУЮЧОГО ОБ'ЄКТА ЕНЕРГОСИСТЕМИ

*І. О. Темнохуд, асистент кафедри електропостачання міст  
Харківський національний університет міського господарства  
імені О. М. Бекетова\*  
61002, Україна, м. Харків, вул. Революції 12.*

*Вступ.* Згідно з повідомленнями Міністерства енергетики та вугільної промисловості виробництво електроенергії в об'єднаній енергосистемі (ОЕС) в січні-вересні 2014 року скоротилося на 4,7% (на 6 млрд 645,8 млн кВт-год) порівняно з аналогічним періодом 2013 року – до 135 млрд 156,3 млн кВт-год, в Україні. У вересні 2014 р. виробництво електроенергії в Україні знизилося на 13,7% (на 2 млрд 14,7 млн кВт-год) порівняно з аналогічним місяцем 2013 року – до 12,663 млрд кВт-год.

АЕС, ТЕС і районні котельні Міненергосистем за дев'ять місяців 2014 року скоротили випуск теплової енергії на 15,7% (на 2 млн 651,6 тис. Гкал) у порівнянні з аналогічним періодом до 14 млн 271,3 тис. Гкал. 2013 року. Зниження виробництва енергії пов'язано з дефіцитом та дорожчанням органічних видів палива, а також з експлуатацією застарілого енергетичного обладнання. Збільшення частки енергії виробленої АЕС та зниження ефективності роботи ГЕС і ГАЕС значно знижує маневрові можливості енергосистеми. Перспективним напрямком підвищення маневрових показників енергосистеми без збільшення використання органічного палива і покращення її екологічних характеристик може стати впровадження на великих районних котельнях когенераційних технологій [1-5].

Широкі можливості для цього відкривають нормативно-правові основи України: Енергетична стратегія України до 2030 року і подальшу перспективу, що зараз створюється (проект); Закон України “Про електроенергетику” (№ 575/97-ВР від 16.10.1997 з подальшими змінами); Закон України “Про альтернативні джерела енергії” (№ 555-IV від 20.02.2003); Закон України “Про енергозбереження” (№ 74/94-ВР від 01.07.1994 з подальшими змінами); Закон України “Про загальнодержавну програму реформування і розвитку житлово-комунального господарства на 2004-2010 року” (№ 1869-IV від 24.06.2004); Закон України “Про комбіноване виробництво теплової і електричної енергії (когенерацію) і використання скидного енергопотенціалу” (№ 2509-IV від 05.04.2005); Закон України “Про теплопостачання” (№ 2633-IV від

02.06.2005); Закон України “Про спеціальний режим інвестиційної та інноваційної діяльності технологічних парків” (№ 991-XIV від 16.07.1999 з подальшими змінами); Закон України “Державна програма реформування, модернізації і розвитку комунальної енергетики України” (проект).

*Постановка проблеми.* Перетворення котельні в Міні-ТЕЦ зазнає складнощів зокрема через відсутність чіткого алгоритму виконання електротехнічних рішень при модернізації. Так зокрема в Правилах улаштування електроустановок (ПУЕ) відсутні чіткі вимоги до електротехнічного обладнання Міні-ТЕЦ, що обумовлюють гарантовану купівлю електроенергії вироблену на модернізованій котельні що працює в режимі когенерації у разі надлишку електроенергії.

*Мета.* Систематизувати та проаналізувати електротехнічну структуру перетворення котельні в Міні-ТЕЦ (з урахуванням інтересів енергосистеми при впровадженні новітніх технологій).

### **Основні матеріали дослідження.**

*Котельня → Міні-ТЕЦ ↔ Енергосистема.* На протязі десятиліть в містах і великих населених пунктах, створювалась розгалужена система котельних для централізованого теплозабезпечення та гарячого водопостачання що забезпечувала близько 85 % потрібної теплової енергії. Переважна більшість котельних муніципального теплопостачання, з відомих причин, у тому числі екологічних, працює на природному газі, завдяки чому доля газу у витратах палива на теплопостачання перевищує 75 %. У той же час, котельні мають невикористаний перепад тиску пари 3-6 атм з витратою пара 6-50 т / год. з якого можна реально отримати 200 - 1500 кВт електроенергії. Якщо пар після котла направляють в розширювальну машину, наприклад, парову турбину, пов'язану з електрогенератором, за рахунок утилізації низькопотенційних, енергоресурсів можна отримати додатково відносно дешево електроенергію.

Вказаний напрямок є перспективним для енергетики в Україні у зв'язку з тим, що при цьому можуть бути використані різні механізми фінансування впровадження когенераційних установок в стислі терміни з використанням вже існуючого обладнання (котлів та приміщень котельні, насосного обладнання).

Основні напрямки реконструкції котельні: установка на парових котельнях парових турбін (паровинтових машин) замість редуційно - охолоджувальних установок; установка на водоگрійних котельнях газових турбін і газопоршневих двигунів зі скиданням димових газів в топку котлоагрегату (водогрійний котел перетворюється в котел-утилізатор); використання термодинамічного циклу з органічним теп-

лоносієм з метою виробництва електроенергії при утилізації тепла відхідних димових газів парового/водогрійного котла [1-8]. У першому випадку відсутня електроенергія береться з мережі на середній (6, 10, 35 кВ - великі та середні районні котельні) або низькій (0,4 або 0,66 кВ) напрузі. У другому випадку перетік на межі балансової належності, приблизно, дорівнює нулю. У третьому - надлишок над власними потребами віддається в мережу.

*Котельня* → *Міні-ТЕЦ*. При перетворенні котельні у Міні-ТЕЦ додається наступне електротехнічне обладнання :

1. Електрогенератор. До нього йде система збудження (у даний час напівпровідникова). У комплекті з генератором поставляється комутаційна апаратура: автоматичний вимикач (генераторна напруга до 1 кВ) та високовольтний вимикач (генераторна напруга вище 1 кВ).

Обладнання зазвичай поставляється у вигляді комплектних розподільних пристроїв. Причому повстає вибір між паралельним з енергосистемою та автономним режимами роботи генераторів Міні-ТЕЦ, між паралельним або роздільним режимами роботи генераторів Міні-ТЕЦ між собою; забезпечення динамічної стійкості генераторів Міні-ТЕЦ при короткому замиканні в розподільній мережі 6 (10) кВ; забезпечення якості електроенергії в автономному режимі роботи генераторів Міні-ТЕЦ; забезпечення надійності живлення системи випрямленої оперативного струму при малих значеннях струмів короткого замикання (СКЗ) в автономному режимі роботи генераторів.

2. Акумуляторна батарея для мережі постійного струму з зарядно-підзарядними пристроями. Вона служить для живлення пристроїв релейного захисту та автоматики (РЗА), систем управління котельного і турбінного (ДВЗ) обладнання, приводів включення/відключення комутаційного обладнання, аварійного освітлення і зв'язку.

3. Реконструкція розподільчих пристроїв змінного струму мережі до та вище 1 кВ в зв'язку з установленням додаткової комутаційної апаратури. При необхідності можлива установка трансформаторів власних потреб, вибір між паралельним або роздільним режимами роботи силових трансформаторів на ГПП.

4. Реконструкція заземлюючого пристрою котельні (можливо різке збільшення струмів замикання на землю в мережі вище 1 кВ і струмів короткого замикання мережі до 1 кВ). Також може виникнути необхідність створення електрично незв'язаних заземлюючих пристроїв для особливо чутливого до перешкод електронного обладнання (системи управління, системи зв'язку).

5. Створення системи АСКОЕ (автоматизована система комерційного обліку електроенергії) для збору, обробки, зберігання і пере-

дачі даних про генерацію та споживання електроенергії, забезпечення чутливості і селективності роботи релейного захисту та автоматики (РЗіА) у різних режимах роботи системи електропостачання.

*Генерація електричної потужності на модернізованому котельному підприємстві.* Вихідний вал ведучого ротора ДВС / турбіною з'єднується з електрогенератором. При роботі паралельно з електричною мережею 0,4 ; 6; 10 кВ на Міні-ТЕЦ доцільно використовувати асинхронний генератор (АГ), який є зверненням звичайного серійного асинхронного двигуна з короткозамкненою обмоткою ротора і має такі переваги перед синхронним генератором (СГ):

- більш простий в обслуговуванні і надійний в експлуатації, ніж СГ, а вартістю удвічі нижчою, ніж СГ.

- не потребує системи синхронізації з мережею і в регуляторі збудження генератора;

- система захисту значно простіша, ніж у СГ, зважаючи на те, що струми короткого замикання у АГ швидко згасають внаслідок зникнення магнітного поля в роторі;

- максимальні обороти серійно випускаємих асинхронних машин в діапазоні до 1 МВт становлять 3000 об/хв, у той час як у СГ максимальні оберти становлять 1500 об/ хв. Тому АГ може працювати з ДВС/турбіною або безпосередньо, або через редуктор з малим передавальним відношенням.

Недоліком використання у складі Міні-ТЕЦ АГ є споживання реактивної потужності з мережі і те, що серійно випускаються асинхронні машини в діапазоні близько 1 МВт мають повітряне охолодження, яке створює підвищену гучність від вентилятора. Зазвичай генератор, поставляється в комплекті з ДВС / турбіною.

*Міні-ТЕЦ ↔ Енергосистема.* При появі у системі електропостачання незалежного джерела у вигляді Міні - ТЕЦ важливою є реалізація електричної частини спільного виробництва теплової та електричної енергії, обумовлення кількості енергії що може виробляти Міні-ТЕЦ, якості електроенергії, погодження взаємовигідної роботи з урахуванням покриття пікових навантажень, використання нічного тарифу на електроенергію, перспектив акумуляування та обліку використаної енергії.

Міні-ТЕЦ можуть працювати в режимі недостатньої генерації, рівності або надлишку генерації та в режимі споживання генерованої енергії на власні потреби.

Облік електроенергії виконується на межі балансової належності. Дані, отримані з приладів обліку (багатофункціональних лічильників активної та реактивної енергії) надходять в автоматизовану систему

контролю та обліку електроенергії. Вони обробляються, архівуються і передаються далі на більш високий рівень (обленерго, енергоринок). Вибір класу напруги генераторів обумовлений потужністю (до 250-300 кВт - 0,44/0,66 кВ, більше 500 кВт - 6,10 кВ), і, частково, напругою найбільш потужних споживачів власних потреб, встановлених на котельні. Широкі можливості в цьому напрямку відриває розвиток інтелектуальних технологій в енергетиці [1-8].

Наступне питання - величина струмів короткого замикання у вузлі енергосистеми у місці підключення Міні - ТЕЦ, яке обумовлює вартість обладнання. При одному і тому ж класі напруги вартість зростає нелінійно зі збільшенням номінального струму (і струму короткого замикання, яке дане устаткування може витримати і відключити). Іноді обладнання доводиться брати на більший ніж потрібно номінальний струм, через величини саме струмів короткого замикання. При напрузі 6, 10, 35 кВ може постати питання компенсації рівня струмів замикання на землю, що вимагає установку додаткового обладнання, що, в основному, стосується лише великих котельнь. При установці генераторів потужністю вище 1 МВт може знадобитися реконструкція розподільчого пристрою зі зміною його схеми (секціонування, перехід на більш високий клас напруги).

Ще одне злободенне питання для української енергосистеми, - рівні напруг в різні зони доби. У зоні мінімального споживання (ніч) напруга перевищує 5% поріг, встановлений правилами технічної експлуатації для нормального режиму енергосистеми. У зоні піку (максимум) напруга навпаки нижче, перевищуючи 5% відхилення. Розглянуті Міні-ТЕЦ можуть самі бути регуляторами напруги в точках підключення, однак можливості регулювання досить вузькі, виходячи з потужності встановлюваних генераторів. Одночасно може знадобитися установка трансформаторів з регулюванням під напругою, якщо це технічно можливо і економічно доцільно.

Окремо слід обумовити питання підвищення надійності електропостачання споживачів, підключених до шин електростанції. У разі системної аварії відбувається виведення Міні-ТЕЦ на збалансоване навантаження засобами автоматики. Це особливо важливо при підключенні особливо відповідальних споживачів першої і частково другої категорії з надійності електропостачання. При наявності достатньої потужності Міні-ТЕЦ можливо її використання як засобу для розвороту зупинки енергетичних блоків ТЕЦ.

Управління Міні - ТЕЦ може й повинно виконуватися на сучасній елементній базі (програмовані логічні контролери, промислові комп'ютери) з обов'язковим резервуванням і зручним людино - машинним

інтерфейсом. Більші можливості відриваються при реалізації функції резервування, архівація даних технологічного процесу в подальшому може бути використана для аналізу і виробництва стратегії оптимального управління техпроцесом.

*Висновки.* При виконанні перетворення котельні в Міні-ТЕЦ важливо виконувати вибір та встановлення обладнання у визначеному порядку: вибір та встановлення генераторів → реконструкція релейного захисту та автоматики → реконструкція / встановлення мережі постійного струму з акумуляторною батареєю → створення автоматизованої системи комерційного обліку електроенергії. Така послідовність дозволить зробити найбільш раціональний вибір обладнання.

Котельні перетворені у Міні – ТЕЦ розміщуються в безпосередній близькості від споживача теплової та електричної енергії, завдяки чому втрати у мережах зводяться до мінімуму. У вузлі навантаження, центром якого є дана конвертована котельня, підвищується надійність електропостачання.

Впровадження інтелектуальних технологій в енергетиці дозволить більш ефективно забезпечити власні потреби котельні в електроенергії та отримувати прибуток від реалізації її надлишків споживачам. З'явиться можливість підвищити надійність енергоспоживання споживачів першої категорії, знизити вартість переоснащення електричної частин при переводі котельні в Міні-ТЕЦ, зокрема за рахунок вибору обладнання на менші струми короткого замикання.

### **Використані джерела**

1 Маляренко В. А., Перевод котельных в режим когенерации путем внедрения турбин малой мощности [Текст] / В. А. Маляренко, И. А. Темнохуд, А. В. Сенецкий, А. Ю.Петров // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Васеленка – 2014. Харків: ХНТУСГ №153. – ст. 110-111.

2 Когенерационные технологии в энергетике на основе применения паровых турбин малой мощности / А.Л. Шубенко, В.А. Маляренко, А.В. Сенецкий, Н.Ю. Бабак // НАН України, Інститут проблем машиностроєння. – Харків, 2014. – 320 с.

3. Маляренко, В. А. Потенциал интеграции когенерационных систем в малую энергетику Украины [Текст] / В. А. Маляренко, А. Л. Шубенко, А. В. Сенецкий, И.А. Темнохуд. - Интегровані технології та енергозбереження // Щоквартальний науково-практичний журнал. - Харків: НТУ «ХП»,.- 2012.- Вип.-№4. - С. 11-17. – 162 с.

4 Электронний ресурс - <http://forbes.ua/ua/news/1381041-ukrayina-znizhuvai-virobnictvo-elektroenergiyi> За матеріалами: Інтерфакс-Україна останнє звернення 18.01.15.

5 Закон України «Про енергозбереження» <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/74/94-вр> // 1994, N 30, 1994 - ст.284: Інтерфакс-Україна останнє звернення 18.01.15.

6 Возможности повышения энергоэффективности тепловых сетей путем внедрения когенерации [Текст] / С. Ю. Андреев, В. А. Маляренко, И. О. Темнохуд, О. В. Сенецкий // Вісник НТУ «ХП». Серія: Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування. – Х.:НТУ «ХП», 2015. - №17(1126). 147-155 с. – ISSN 2078-774X.

7 Перелік законодавчих актів, що регулюють ринок відновлюваних джерел енергії в Україні [Електронний ресурс]: Режим доступу: <http://banisaenergy.com/uk/normativno-pravova-baza> — Останнє звернення : 04.05.2015. – Загол. з екрану.

8 Березин, С. Р. Технология энергосбережения на базе паровой винтовой машины [Электронный ресурс] / С. Р. Березин, А. И. Богачева; Издается порталом по энергосбережению ЭнергоСовет.ру <http://www.energosoвет.ru> // Электронный журнал «ЕНЕРГО-СОВЕТ». – 2010. – август-сентябрь. – № 7(12). – С. 33–38. – Электрон. дан. (1 файл). – Режим доступа: <http://www.rosteplo.ru/news.php?zag=1285913666>. – 12.12.2014.

## PLANNING, CONTROL AND MONITORING OF PROJECTS OF DISTRIBUTION OF GRID EXPANSION

*V. M. Rodríguez, msc. in Electrical Engineering*

*Empresa Nacional de Transmisión Eléctrica (ENATREL)*

*Building Vista Development, Round About Centro America 700 m to the west, Villa Fontana, Managua, Nicaragua*

*e-mail: vrodriguez@enatrel.gob.ni ; [yrodriguezna@yahoo.com](mailto:yrodriguezna@yahoo.com)*

### INTRODUCTION

The companies of different economic sectors are constantly confronted with the need for varied projects that are vital to their development and competitiveness. Within the areas of knowledge management and project management, Planning, Project Monitoring and Control is an essential for the successful implementation of development investments. At the end of the program participants will learn the conceptual and be able to apply a rational and efficient planning, monitoring and controlling of process projects. Also apply the tools and methodologies for planning, monitoring and control of projects.

### OBJETIVES

- Distinguish the importance and the role of planning, monitoring and control for effective project management.
- Understand the conceptual basis and be able to apply a rational and effective to plan, monitor and control projects process.
- Perform an important practical contribution to the implementation of concrete projects related to their specific work environment.

### ABSTRACT

#### **The project as a system**

A project is a set of interrelated activities and coordinated to achieve a target within the limits set by budget, and qualities previously established time frame previously defined.

#### **Financial Analysis**